

## 风险监测

## 2007—2014年绍兴地区蔬菜中重金属污染调查

徐来潮,樊伟,陈理,王晶

(绍兴市疾病预防控制中心,浙江绍兴 321071)

**摘要:**目的 了解绍兴地区蔬菜中铅、镉和总汞的含量水平及污染程度,为制定蔬菜中重金属污染控制措施提供依据。方法 2007—2014年在绍兴地区7个调查点的农贸市场、超市等地点随机抽取7类共984份蔬菜样品,采用国家标准方法检测蔬菜中铅、镉和总汞的含量,按GB 2762—2012《食品中污染物限量》统计超标情况。采用单因子污染指数和内梅罗综合污染指数评价蔬菜中重金属污染程度。结果 984份蔬菜样品铅、镉和总汞的检出率分别为68.4%(673/984)、92.0%(905/984)和37.6%(370/984),超标率分别为2.9%(29/984)、1.2%(12/984)和5.8%(57/984),平均值分别为0.040、0.017和0.004 0 mg/kg;2009—2011年蔬菜中总汞超标率较高,超标率分别为17.3%(19/110)、24.7%(19/77)和10.1%(12/119);鳞茎类蔬菜中铅和镉超标率分别为14.0%(6/43)和11.6%(5/43),均为各类蔬菜中最高。所有种类蔬菜的综合污染指数均小于0.7。结论 绍兴地区蔬菜中重金属总体污染水平不高,但部分蔬菜中重金属污染相对较突出,应继续加强监管和控制。

**关键词:**蔬菜;铅;镉;总汞;重金属;食品污染物;绍兴;调查

中图分类号:R155;O614 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2015)06-0687-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2015.06.020

### Survey of heavy metals contamination of vegetables in Shaoxing from 2007 to 2014

XU Lai-chao, FAN Wei, CHEN Li, WANG Jing

(Shaoxing Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Shaoxing 312071, China)

**Abstract: Objective** To investigate lead, cadmium and total mercury contamination in vegetables in Shaoxing, provide basic evidence for formulating the control measures. **Methods** During 2007 to 2014, 984 vegetable samples were collected from farmers' markets and supermarkets in seven monitoring sites in Shaoxing, all the samples were analyzed for lead, cadmium and total mercury by national standard methods, and the results were evaluated by GB 2762-2012. The contamination of heavy metals in vegetables was evaluated by single factor contaminant index and Nemero comprehensive contaminant index. **Results** The detection rate of lead, cadmium and total mercury were 68.4% (673/984), 92.0% (905/984) and 37.6% (370/984) respectively, the violation rates were 2.9% (29/984), 1.2% (12/984) and 5.8% (57/984) respectively, and the mean values were 0.040, 0.017 and 0.0040 mg/kg respectively. The violation rates of total mercury from 2009 to 2011 were higher than other years, which were 17.3% (19/110), 24.7% (19/77) and 10.1% (12/119) respectively. The violation rates of lead and cadmium in bulbous vegetables were 14.0% (6/43) and 11.6% (5/43) respectively, which were the highest in all kinds of vegetables. The comprehensive contaminant index of all kinds of vegetables was less than 0.7. **Conclusion** The overall contamination of heavy metals in vegetables was not high in Shaoxing, but should be concerned in some kinds of vegetables, and control measures should be strengthened.

**Key words:** Vegetable; lead; cadmium; total mercury; heavy metals; food contaminant; Shaoxing; survey

铅、镉和汞是FAO(联合国粮农组织)和WHO(世界卫生组织)公布的对人体毒性最强的3种重金属<sup>[1]</sup>,随着工业的快速发展,土壤、大气和水资源受重金属污染的情况日趋严重,蔬菜既可以通过根

系富集土壤中的重金属,也可以通过叶片吸收空气颗粒物中的重金属<sup>[2]</sup>,另外含重金属的污水灌溉蔬菜种植地也可导致蔬菜中重金属残留增加<sup>[3]</sup>。蔬菜是人们日常生活中必不可少的食物,其中的重金属通过食物链在人体内富集,损害人体健康,蔬菜中重金属的污染程度以及对人体的健康风险越来越引起人们的关注。为了解绍兴地区蔬菜中的重金属污染水平,为居民膳食选择和环境的重金属污染控制提供基础数据,2007—2014年连续8年调查了绍兴地区7类蔬菜中的铅、镉和总汞3种重金属

收稿日期:2015-11-02

作者简介:徐来潮 男 副主任医师 研究方向为食品卫生

E-mail:xlc312000@163.com

通讯作者:樊伟 男 医师 研究方向为食品化学污染物分析与风险评估

E-mail:zzufanwei@163.com

的含量,结果分析与评价如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品采集

2007—2014年在绍兴市区及其下属县、县级市共7个调查点的农贸市场、超市、副食品店等地点随机采样,包括茎类(82份)、块根块茎类(143份)、鳞茎类(43份)、茄果类(143份)、鲜豆类(80份)、叶菜类(392份)、芸薹类(101份)等7类共984份蔬菜样品。

#### 1.1.2 主要仪器与试剂

SOLAAR M6 原子吸收分光光度计(美国热电)、9230型原子荧光分光光度计(北京吉天公司)、Mill-Q超纯水机、微波消解仪。

铅标准溶液(GSB 04-1742-2004, 1 000  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )、镉标准溶液(GSB 04-1721-2004, 1 000  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )、汞标准溶液(GSB 04-1729-2004, 1 000  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )均购自国家有色金属及电子材料分析测试中心,国家标准物质圆白菜(GBW10014)、菠菜(GBW10015)均购自地球物理地球化学勘查研究所,硝酸(优级纯)。

## 1.2 方法

### 1.2.1 样品处理

每份样品采集500 g左右,4~10  $^{\circ}\text{C}$ 冷藏运输,保存时间不超过1 d。将采集蔬菜样品用去离子水洗净,取可食部分,按照四分法缩分,经匀浆器匀浆,储存于塑料袋中,尽快检测。取制备好的样品0.5~1.0 g于微波消解罐中,加入8 ml左右硝酸,在智能控温加热器上80  $^{\circ}\text{C}$ 加热,预消解1 h,然后按照微波消解仪标准操作步骤进行消解。冷却后取出,在智能控温加热器中于150  $^{\circ}\text{C}$ 加热赶酸至0.5~1.0 ml,少量去离子水洗涤消化罐2~3次,定容至10 ml,同时做试剂空白,混匀备用。

### 1.2.2 检测方法

铅的检测按照GB 5009.12—2010《食品中铅的测定》中第一法(石墨炉原子吸收光谱法)<sup>[4]</sup>;镉的检测按照GB 5009.15—2003《食品中镉的测定》中第一法(石墨炉原子吸收光谱法)<sup>[5]</sup>;总汞的检测按照GB/T 5009.17—2003《食品中总汞及有机汞的测定》中第一法(原子荧光光谱分析法)<sup>[6]</sup>。

### 1.2.3 评价方法

按照GB 2762—2012《食品中污染物限量》<sup>[7]</sup>统计超标情况,具体限值见表1。采用单因子污染指数法和内梅罗综合污染指数法评价蔬菜中重金属污染程度<sup>[8-9]</sup>。

单因子污染指数法: $P_i = C_i/S_i$ 。 $P_i$ 为蔬菜中*i*

污染物的单项污染指数; $C_i$ 为蔬菜中*i*污染物的实测值, $\text{mg}/\text{kg}$ ; $S_i$ 为评价标准中*i*污染物的限值, $\text{mg}/\text{kg}$ ; $P_i$ 分为5个等级, $P_i \leq 0.7$ 为优良, $0.7 < P_i \leq 1$ 为安全, $1 < P_i \leq 2$ 为轻度污染, $2 < P_i \leq 3$ 为中度污染, $P_i > 3$ 为重度污染。

内梅罗综合污染指数法: $P_{\text{综合}} = [(P_{\text{iave}}^2 + P_{\text{imax}}^2)/2]^{1/2}$ 。 $P_{\text{综合}}$ 为内梅罗综合污染指数; $P_{\text{iave}}$ 为蔬菜中各重金属单因子污染指数平均值; $P_{\text{imax}}$ 为蔬菜中各重金属单项污染指数中最大值; $P_{\text{综合}}$ 分为5个等级, $P_{\text{综合}} \leq 0.7$ 为安全; $0.7 < P_{\text{综合}} \leq 1$ 为警戒线; $1 < P_{\text{综合}} \leq 2$ 为轻度污染; $2 < P_{\text{综合}} \leq 3$ 为中度污染; $P_{\text{综合}} > 3$ 为重度污染。

表1 3种重金属的限量值

Table 1 Three heavy metals safety standards for the foods

重金属	蔬菜类别	限量值 /( $\text{mg}/\text{kg}$ )
铅	新鲜蔬菜(芸薹类、叶菜类、豆类、薯类除外)	0.1
	芸薹类、叶菜类	0.3
	豆类、薯类	0.2
	蔬菜制品	1.0
镉	新鲜蔬菜(叶菜类、豆类、块根块茎类、茎类除外)	0.05
	叶菜类	0.2
	豆类、块根块茎类、茎类(芹菜除外)	0.1
	芹菜	0.2
总汞	新鲜蔬菜	0.01

### 1.2.4 质量控制

进行空白试验、加标回收试验、平行样和国家标准物质测定,保证数据的准确性。加标回收率控制在80%~120%范围内;平行样测定值的相对标准偏差应满足检测方法要求,报告结果为平均值;每批样品同时测定国家标准物质(菠菜和圆白菜)的结果应在允许范围内。

## 1.3 统计学分析

采用SAS 9.0软件进行统计分析,计量资料多样品间比较采用Kruskal-Wallis *H*检验,多个样品间率的比较采用 $\chi^2$ 检验和Fisher精确检验法,检验水准 $\alpha = 0.05$ , $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同年份蔬菜中重金属含量

984份蔬菜样品铅、镉和总汞的检出率分别为68.4%(673/984)、92.0%(905/984)和37.6%(370/984),超标率分别为2.9%(29/984)、1.2%(12/984)和5.8%(57/984)。2009年铅含量均值最高,为0.100  $\text{mg}/\text{kg}$ ,2008年镉含量均值最高(0.045  $\text{mg}/\text{kg}$ ),2010年总汞含量均值最高(0.008 1  $\text{mg}/\text{kg}$ )。2014年铅的检出率最高(76.5%,250/327),2008年镉的检出率最高

(100.0%, 30/30), 2009 年总汞的检出率最高 (67.3%, 74/110)。2009 年铅和镉超标率均最高, 均为 6.4% (7/110), 2010 年总汞的超标率最

高 (24.7%, 19/77), 2009 年和 2011 年总汞的超标率均超过了 10%, 分别为 17.3% (19/110) 和 10.1% (12/119), 见表 2 (以鲜重计)。

表 2 2007—2014 年绍兴地区蔬菜中重金属含量水平

Table 2 Contents of heavy metals in vegetables from 2007 to 2014 in Shaoxing

年份	铅				镉				总汞			
	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	检出率 /%	超标率 /%	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	检出率 /%	超标率 /%	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	检出率 /%	超标率 /%
2007	ND~0.076	0.013	59.4(19/32)	0.0(0/32)	ND~0.044	0.013	93.8(30/32)	0.0(0/32)	ND~0.0090	0.002 2	12.5(4/32)	0.0(0/32)
2008	ND~0.045	0.011	43.3(13/30)	0.0(0/30)	ND~0.120	0.045	100.0(30/30)	3.3(1/30)	ND~0.0061	0.002 7	46.7(14/30)	0.0(0/30)
2009	ND~2.940	0.100	63.6(70/110)	6.4(7/110)	ND~0.310	0.023	92.7(102/110)	6.4(7/110)	ND~0.050 0	0.006 0	67.3(74/110)	17.3(19/110)
2010	ND~0.140	0.030	61.0(47/77)	3.9(3/77)	ND~0.160	0.017	93.5(72/77)	0.0(0/77)	ND~0.059 0	0.008 1	55.8(43/77)	24.7(19/77)
2011	ND~0.630	0.037	63.9(76/119)	3.4(4/119)	ND~0.160	0.016	98.3(117/119)	0.0(0/119)	ND~0.056 0	0.006 2	44.5(53/119)	10.1(12/119)
2012	ND~0.340	0.048	72.4(63/87)	5.7(5/87)	ND~0.140	0.017	88.5(77/87)	0.0(0/87)	ND~0.100 0	0.005 1	32.2(28/87)	3.4(3/87)
2013	ND~0.400	0.029	66.8(135/202)	2.5(5/202)	ND~0.100	0.001	86.6(175/202)	0.0(0/202)	ND~0.011 0	0.002 2	23.3(47/202)	0.5(1/202)
2014	ND~0.660	0.033	76.5(250/327)	1.5(5/327)	ND~0.340	0.018	92.4(302/327)	1.2(4/327)	ND~0.011 0	0.002 6	32.7(107/327)	0.9(3/327)
合计	ND~2.940	0.040	68.4(673/984)	2.9(29/984)	ND~0.340	0.017	92.0(905/984)	1.2(12/984)	ND~0.100 0	0.004 0	37.6(370/984)	5.8(57/984)

注:ND 表示未检出;铅、镉和总汞的检出限分别为 0.005、0.001 和 0.003 0 mg/kg, 低于检出限的值按 1/2 检出限统计

## 2.2 不同种类蔬菜中重金属含量

7 类蔬菜中铅和镉的含量均差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), 鲜豆类、芸薹类和叶菜类蔬菜中铅含量较高, 均值分别为 0.079、0.054 和 0.046 mg/kg; 叶菜类、鳞茎类和块根块茎类蔬菜中镉含量较高, 均值分别为 0.025、0.020 和 0.016 mg/kg; 7 类蔬菜中总汞的含量均差异没有统计学意义 ( $P > 0.05$ )。各类蔬菜间铅和镉的检出率均差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), 铅检出率前 3 位依次是叶菜类 (84.4%, 331/392)、鳞茎类 (83.7%, 36/43) 和茎类 (63.4%, 52/82); 镉检出率前 3 位依次是块根块茎类 (100.0%, 143/143)、鳞茎类 (97.7%, 42/43) 和茎类 (95.1%, 78/82); 7 类蔬菜中总汞的检出率均差异没有统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 检出率在 25.0% ~ 44.1% 之间。采用 Fisher 精确法检验各类蔬菜中铅和镉超标率, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。铅超标率前 3 位分别为鳞茎类 (14.0%, 6/43)、茎类 (6.1%, 5/82) 和鲜豆类 (3.8%, 3/80), 铅超标的蔬菜具体主要为韭菜、生菜、芹菜和白萝卜, 超标率分

别为 17.6% (6/34)、9.4% (3/32)、7.1% (3/42) 和 5.0% (3/60), 平均值分别为 0.046、0.077、0.030 和 0.032 mg/kg; 镉超标率前 3 位分别为鳞茎类 (11.6%, 5/43)、芸薹类 (2.0%, 2/101) 和鲜豆类 (1.3%, 1/80), 镉超标的蔬菜具体主要为韭菜和包心菜, 超标率分别为 11.8% (4/34) 和 3.6% (2/55), 平均值分别为 0.021 和 0.012 mg/kg; 7 类蔬菜中总汞的超标率差异没有统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 超标率在 4.0% ~ 7.7% 之间, 总汞超标的蔬菜具体主要为青菜、芹菜、马铃薯和白萝卜, 超标率分别为 14.7% (17/116)、12.2% (5/41)、8.5% (5/59) 和 6.7% (4/60), 平均值分别为 0.006 8、0.005 2、0.005 1 和 0.004 5 mg/kg, 见表 3 (以鲜重计)。

## 2.3 蔬菜中重金属污染程度评价

图 1 为 2007—2014 年绍兴地区蔬菜中铅、镉和总汞单项污染指数变化趋势, 由图可知 2007—2014 年铅和镉的单项污染指数变化幅度不大, 均在 0.4 以下, 处于优良水平。总汞的单项污染指数呈先上升后下降趋势, 但均小于 1, 处于优良和安全水平。

表 3 不同类蔬菜中重金属含量水平

Table 3 Contents of heavy metals in different kinds of vegetables

蔬菜种类	铅				镉				总汞			
	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	检出率 /%	超标率 /%	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	检出率 /%	超标率 /%	含量范围 /(mg/kg)	平均值 /(mg/kg)	检出率 /%	超标率 /%
茎类	ND~0.330	0.026	63.4(52/82)	6.1(5/82)	ND~0.130	0.013	95.1(78/82)	0.0(0/82)	ND~0.048 0	0.003 7	37.8(31/82)	6.1(5/82)
块根块茎类	ND~0.630	0.023	47.6(68/143)	2.1(3/143)	ND~0.120	0.016	100.0(143/143)	0.7(1/143)	ND~0.042 0	0.004 6	44.1(63/143)	7.7(11/143)
鳞茎类	ND~0.250	0.041	83.7(36/43)	14.0(6/43)	ND~0.110	0.020	97.7(42/43)	11.6(5/43)	ND~0.010 0	0.003 2	39.5(17/43)	4.7(2/43)
茄果类	ND~0.180	0.016	56.6(81/143)	2.1(3/143)	ND~0.060	0.001	83.9(120/143)	0.7(1/143)	ND~0.059 0	0.003 5	33.6(48/143)	4.9(7/143)
鲜豆类	ND~1.99	0.079	62.5(50/80)	3.8(3/80)	ND~0.310	0.012	85.0(68/80)	1.3(1/80)	ND~0.015 0	0.003 0	25.0(20/80)	6.3(5/80)
叶菜类	ND~0.660	0.046	84.4(331/392)	1.8(7/392)	ND~0.340	0.025	94.9(372/392)	0.5(2/392)	ND~0.100 0	0.004 4	39.5(155/392)	5.9(23/392)
芸薹类	ND~2.940	0.054	54.5(55/101)	2.0(2/101)	ND~0.170	0.001	81.2(82/101)	2.0(2/101)	ND~0.044 0	0.003 6	35.6(36/101)	4.0(4/101)
合计	ND~2.940	0.040	68.4(673/984)	2.9(29/984)	ND~0.340	0.017	92.0(905/984)	1.2(12/984)	ND~0.100 0	0.004 0	37.6(370/984)	5.8(57/984)

注:ND 表示未检出;铅、镉和总汞的检出限分别为 0.005、0.001 和 0.003 0 mg/kg, 低于检出限的值按 1/2 检出限统计

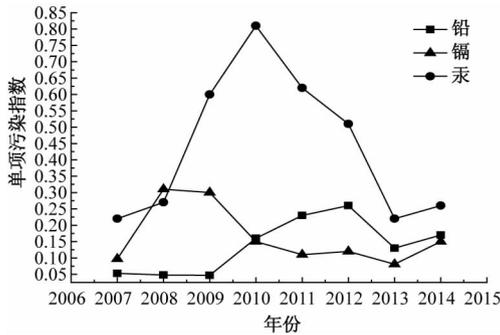


图1 不同年份重金属单项污染指数

Figure 1 Single factor pollution indexes of heavy metals in different years

除2008年外(单项污染指数低于镉),其余年份总汞的单项污染指数均高于铅和镉。

7类蔬菜中3种重金属的单项污染指数均小于0.7,均处于优良水平。鳞茎类和鲜豆类蔬菜中铅的单项污染指数较其他类高,分别为0.41和0.40;鳞茎类蔬菜中镉的单项污染指数(0.40)明显高于其他类,其余6类蔬菜中镉的单项污染指数均小于0.20;除鳞茎类和鲜豆类蔬菜外,其余6类蔬菜中总汞的单项污染指数均高于铅和镉,7类蔬菜中总汞的单项污染指数差别不大,均在0.30到0.46之间。7类蔬菜的综合污染指数均小于0.7,表明蔬菜中3种重金属总体污染较轻,见表4。

表4 不同类蔬菜重金属污染评价结果

Table 4 Evaluation results of heavy metals pollution in different kinds of vegetables

蔬菜类别	单项污染指数			单项污染指数评价结果	综合污染指数	综合污染指数评价结果
	铅	镉	汞			
茎类	0.26	0.092	0.37	优良	0.41	安全
块根块茎类	0.19	0.16	0.46	优良	0.47	安全
鳞茎类	0.41	0.40	0.32	优良	0.55	安全
茄果类	0.16	0.17	0.35	优良	0.36	安全
鲜豆类	0.40	0.11	0.30	优良	0.48	安全
叶菜类	0.15	0.12	0.44	优良	0.40	安全
芸薹类	0.18	0.17	0.36	优良	0.40	安全

### 3 讨论

随着工业的快速发展,我国很多城市近郊土壤受到重金属不同程度的污染,蔬菜中重金属的污染情况也不容乐观。2010年河南省蔬菜的铅、镉和总汞的超标率分别为10.7%、3.0%和25.3%<sup>[10]</sup>;2007—2011年桂林市根茎类蔬菜铅的超标率达到56.7%,叶类蔬菜总汞的超标率为8.6%<sup>[11]</sup>;2013年陕西省茄果类蔬菜中铅和鳞茎类蔬菜中镉的超标率分别为4.26%和3.03%<sup>[12]</sup>;2013年蚌埠市蔬菜中铅和镉的超标率分别为27.8%和24.3%<sup>[13]</sup>;2013—2014年广东省基地叶菜类蔬菜中铅和茄果

类蔬菜中镉超标率分别为13.9%和15.1%<sup>[14]</sup>。

本次调查连续8年调查了绍兴地区蔬菜中铅、镉和总汞的含量,掌握了该地区主要重金属的污染状况,铅、镉和总汞的超标率分别为2.9%、1.2%和5.8%,单项污染指数和综合污染指数均处于低水平,总体来说蔬菜受重金属污染较轻。但仍有一些问题需引起重视,鳞茎类蔬菜中铅和镉的超标率较高,分别为14.0%和11.6%。2010—2011年深圳市鳞茎类蔬菜中铅和镉的合格率分别为76.2%和90.5%,均明显低于其他类蔬菜<sup>[15]</sup>;安顺市城郊鳞茎类蔬菜中铅含量均值达到0.164 mg/kg,超过了国家标准限值,镉的含量为0.033 mg/kg,仅次于叶菜类蔬菜<sup>[16]</sup>。鳞茎类蔬菜对重金属有较强的富集能力<sup>[16-17]</sup>,比如韭菜对农药等污染物有较强吸附能力<sup>[18]</sup>,另外该类蔬菜根系都比较发达,更易富集土壤中的重金属。蔬菜中总汞的超标率为5.8%,为3种重金属中最高,研究结果与我国其他一些地区相一致<sup>[19-20]</sup>。绍兴地处我国东南沿海,经济较发达,但以民营的中小型企业为主,技术设备及管理手段相对落后,造成重金属污染物无组织的排放入环境,节能灯等电光源行业是绍兴市较发达的产业,是汞污染的主要来源<sup>[21]</sup>,这可能是蔬菜中总汞超标较多的原因之一。蔬菜中总汞的含量和超标率在2009—2011明显高于其他年份,2014年又有小幅回升,可能与涉汞产业向环境中排放污染物的量有关,根据绍兴市环保局公布的环境公报数据,2008—2014年绍兴市废水中重金属(汞、六价铬)的排放量依次为0.22、0.23、0.13、0.005、0.1、0.063和0.23 t,考虑到植物体从环境中富集汞需要一定时间,蔬菜中总汞含量与环境受汞的污染程度相一致。

蔬菜受重金属污染主要有以下几个原因<sup>[2-3,12]</sup>:工业废水和废渣大量排放到水体和土壤中,导致土壤受重金属污染,蔬菜通过根系富集其中的重金属;受工业废气和汽车尾气污染的大气中的颗粒物附着大量的重金属,沉降到蔬菜叶片上,被蔬菜吸附;用受重金属污染的水灌溉蔬菜种植地和施用含重金属的农药、化肥,也能增加蔬菜中重金属的残留量。不同类蔬菜重金属含量差异不仅与环境中的重金属的总体污染水平有关,同时也与蔬菜本身特性有关,如根系是否发达、叶片面积和对重金属的选择吸附能力等。防止蔬菜受重金属污染要从环境污染治理做起,同时调查蔬菜中重金属的含量,有利于及时了解污染趋势。

### 参考文献

- [1] 何洁仪,李迎月,余超,等. 2006—2011年广州市禽畜肉中铅、镉污染状况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(1):

- 64-67.
- [2] 赵瑾,黄久红,黄为红. 泰州市2005—2012年蔬菜中铅、镉污染状况分析[J]. 现代预防医学, 2014, 41(10): 1766-1768.
- [3] WANG Y C, QIAO M, LIU Y X, et al. Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from wastewater irrigated area, Beijing-Tianjin city cluster, China [J]. Journal of Environmental Sciences, 2012, 24(4): 690-698.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GB 5009. 12—2010 食品中铅的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB 5009. 15—2003 食品中镉的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [6] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 17—2003 食品中总汞及有机汞的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [7] 中华人民共和国卫生部. GB 2762—2012 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [8] 叶劲松, 吴克, 俞志敏, 等. 合肥市蔬菜Pb和Cd含量调查及健康风险预警分析[J]. 安全与环境学报, 2013, 13(2): 75-90.
- [9] 王北洪, 刘玲, 潘立刚, 等. 京郊4种大棚蔬菜重金属污染状况调查与评价[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(30): 12164-12165, 12189.
- [10] 付鹏钰, 张书芳, 周昇昇, 等. 2010年河南省部分食品中重金属污染状况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(4): 391-393.
- [11] 秦友燕, 方芳, 邓吉圣, 等. 2007—2011年桂林市食品中铅镉汞监测情况分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(16): 3284-3287.
- [12] 聂晓玲, 程国霞, 王敏娟, 等. 陕西省2013年蔬菜中铅、镉污染现状及近5年趋势分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(14): 2063-2067.
- [13] 朱兰保, 盛蒂, 臧晓明, 等. 蚌埠市蔬菜重金属含量及食用安全性评价[J]. 食品工业科技, 2014, 35(7): 260-263, 271.
- [14] 闻剑, 梁辉, 胡曙光, 等. 2013—2014年广东省基地蔬菜重金属污染状况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2015, 27(2): 159-164.
- [15] 潘柳波, 王舟, 吴小敏, 等. 深圳市蔬菜中铅和镉的含量和污染状况[J]. 职业与健康, 2013, 29(1): 69-70.
- [16] 王灵秋, 董钧铭, 徐林, 等. 安顺市城郊零散蔬菜重金属含量分析及健康风险评估[J]. 现代预防医学, 2015, 42(8): 1408-1412.
- [17] 任艳军, 马建军. 秦皇岛市蔬菜中重金属污染状况和健康风险分析[J]. 安全与环境学报, 2013, 13(2): 79-84.
- [18] 冯玉兰, 周静. 兰州市部分蔬菜重金属含量及健康风险评估[J]. 西北民族大学学报: 自然科学版, 2013, 34(2): 76-80.
- [19] 王孝文, 郭宴强, 宋秋坤. 蔬菜汞污染检测结果分析[J]. 微量元素与健康研究, 2013, 30(1): 44-45.
- [20] 聂晓玲, 程国霞, 王敏娟, 等. 陕西省主产蔬菜中重金属污染调查及评价[J]. 卫生研究, 2015, 44(5): 775-779.
- [21] 孙阳昭, 陈扬, 蓝虹, 等. 中国汞污染的来源、成因及控制技术路径分析[J]. 环境化学, 2013, 32(6): 937-942.

## 风险监测

# 2013年陕西省动物源性食品中硝基呋喃的污染状况调查

王敏娟, 聂晓玲, 胡佳薇, 乔海鸥, 王辛

(陕西省疾病预防控制中心, 陕西 西安 710054)

**摘要:**目的 建立动物源性食品中硝基呋喃代谢物的检测方法, 对2013年陕西省动物源性食品中硝基呋喃的污染现状进行调查分析。方法 按照代表性、适时性和随机性原则在全省范围内采集样品737份, 样品经2-硝基苯甲醛衍生化, 固相萃取柱净化后采用超高效液相色谱-串联质谱法定量分析。结果 动物源性食品中硝基呋喃代谢物的总检出率为3.93% (29/737), 鸡肉中的硝基呋喃代谢物的检出率最高(8.05%, 14/174), 4种硝基呋喃代谢物中呋喃它酮代谢物5-吗啉甲基-3-氨基-2-噁唑烷基酮(AMOZ)的检出率最高(2.04%, 15/737)。结论 陕西省动物源性食品在一定程度上受到了硝基呋喃的污染, 应引起监管部门的注意, 加强食品监督管理, 保障食品安全。

**关键词:**硝基呋喃; 动物源性食品; 调查; 高效液相色谱-串联质谱法; 食品污染物; 抗生素; 违禁药物; 兽药残留

**中图分类号:** R155; R18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-8456(2015)06-0691-05

**DOI:** 10.13590/j.cjfh.2015.06.021

## The investigation on nitrofurant contamination in foods of animal origin of Shaanxi Province in 2013

WANG Min-juan, NIE Xiao-ling, HU Jia-wei, QIAO Hai-ou, WANG Xin

(Center for Disease Control and Prevention of Shaanxi Province, Shaanxi Xi'an 710054, China)

收稿日期: 2015-04-07

作者简介: 王敏娟 女 主管技师 研究方向为理化检验 E-mail: wmj1010@126.com

通讯作者: 王辛 男 主任技师 研究方向为实验室质量控制 E-mail: wx17025@163.com